



## Search for the Standard Model Higgs boson decaying to a bottom-quark pair with the ATLAS detector

著者	木内 健司
発行年	2015
その他のタイトル	ATLAS検出器を用いたボトム・クォーク対に崩壊する標準模型ヒッグス粒子の探索
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7217号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00125799">http://hdl.handle.net/2241/00125799</a>

氏 名 ( 本 籍 )	木内健司			
学 位 の 種 類	博 士 ( 理 学 )			
学 位 記 番 号	博 甲 第 7217 号			
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審 査 研 究 科	数理解物質科学研究科			
学 位 論 文 題 目	Search for the Standard Model Higgs boson decaying to a bottom-quark pair with the ATLAS detector (ATLAS 検出器を用いたボトム・クォーク対に 崩壊する標準模型ヒッグス粒子の探索)			
主	査	筑波大学教授	理学博士	金 信弘
副	査	筑波大学教授	博士(理学)	受川史彦
副	査	筑波大学准教授	博士(理学)	江角晋一
副	査	筑波大学准教授	理学博士	原 和彦

## 論 文 の 要 旨

本論文は、欧州原子核研究機構 CERN 研究所の陽子・陽子衝突型加速器 LHC (Large Hadron Collider) を用いた重心系エネルギー7TeVと8TeVの陽子・陽子衝突実験 ATLAS においてヒッグス粒子のボトム・クォーク対への崩壊を探索し、その結果を報告したものである。

素粒子標準理論では、大きく分けて3種類の素粒子が存在する。ひとつは物質粒子のクォークとレプトンであり、これらが物質を構成し、次にゲージボソンであるグルオンと光子と W/Z ボソンが相互作用を媒介し、ヒッグス粒子がこれらの物質構成粒子と W/Z ボソンに質量を与える。ゲージボソンはゲージ対称性を要求することにより現れ、相互作用を媒介する。相互作用がゲージ対称性から生じる場合、ゲージボソンの質量は厳密に零でなくてはならない。弱い相互作用を媒介する W ボソンと Z ボソンは陽子のおよそ百倍近くの質量を持つことがわかっており、ゲージ原理と矛盾する。これを解決する方法がヒッグス機構である。これによれば、真空中にはヒッグス場が凝縮しており、このヒッグス場との相互作用によりゲージボソンを含むすべての粒子が質量を獲得する。場の量子論の考えによれば、ヒッグス場に対応した粒子が存在するはずで、それがヒッグス粒子である。ヒッグス粒子は LHC 加速器を用いた ATLAS 実験と CMS 実験で 2013 年に発見された。これまでにヒッグス粒子は光子対、Wボソン対、Zボソン対、 $\tau$  粒子対に崩壊するチャンネルで観測されているが、ボトム・クォーク対への崩壊はまだ観測されていない。

本論文の研究では、ATLAS 実験において得られた陽子・陽子衝突事象の中から、ヒッグス粒子が W/Z ボソンとともに生成され、ボトム・クォーク対に崩壊する信号を探索した。W ボソンは荷電レプトン・ニ

ニュートリノ対への崩壊を用いた。Zボソンはニュートリノ対あるいは荷電レプトン対に崩壊するものを用いた。よって、終状態に観測されるのは、高運動量の荷電レプトン(電子あるいはミュー粒子)、ニュートリノによる消失運動量、およびボトム・クォーク起源のジェット対である。この終状態はヒッグス粒子生成以外の過程でも起こり(背景事象)、それらの生成断面積は信号と比べて大きい。したがって、物理解析では、信号感度の向上および背景事象の抑制が鍵となる。このために多変量解析方法を採用し、検出効率を向上させた。

2011年に重心系エネルギー7TeVで収集された  $5\text{fb}^{-1}$  相当のデータと2012年に重心系エネルギー8TeVで収集された  $20\text{fb}^{-1}$  相当のデータを解析した結果、ヒッグス粒子がボトム・クォーク対に崩壊する事象数は標準理論の予言値に対して  $0.51 \pm 0.31$  (統計誤差)  $\pm 0.24$  (系統誤差) 倍であった。この観測の統計的有意性は  $1.4\sigma$  である。実験結果と理論予測が誤差の範囲内で一致した。この新しい測定によって、ヒッグス粒子とボトムクォークとの結合定数の測定精度を大幅に改善した。

## 審 査 の 要 旨

### 〔批評〕

素粒子標準模型でヒッグス粒子は質量の起源を与える粒子で、標準模型の最重要な役割を担う粒子である。本研究では、2012年にCERN研究所の陽子・陽子衝突型加速器LHC (Large Hadron Collider) を用いた重心系エネルギー7TeVと8TeVの陽子・陽子衝突実験ATLASとCMSによって発見されたヒッグス粒子は現在までフェルミ粒子に崩壊するモードで観測されていない。ヒッグス粒子とフェルミ粒子の結合定数を高精度で決定するために、ヒッグス粒子がボトムクォーク対に崩壊する事象を探索し、その結果を報告した。本論文の研究では、ATLAS実験において得られた陽子・陽子衝突事象の中から、ヒッグス粒子がW/Zボソンとともに生成され、ボトム・クォーク対に崩壊する信号を探索した。ヒッグス粒子はボトム・クォーク起源のジェット対として検出される。物理解析では、信号感度の向上および背景事象の抑制を改善するために多変量解析方法を採用し、検出効率を向上させた。

2011年に重心系エネルギー7TeVで収集された $5\text{fb}^{-1}$ 相当のデータと2012年に重心系エネルギー8TeVで収集された $20\text{fb}^{-1}$ 相当のデータを解析した結果、ヒッグス粒子がボトム・クォーク対に崩壊する事象数は標準理論の予言値に対して $0.51 \pm 0.31$  (統計誤差)  $\pm 0.24$  (系統誤差) 倍であった。この観測の統計的有意性は $1.4\sigma$ である。実験結果と理論予測が誤差の範囲内で一致した。この新しい測定によって、ヒッグス粒子とボトムクォークとの結合定数の測定精度を大幅に改善した。この結果はヒッグス粒子のフェルミ粒子との結合定数を測定精度を高くするのに役立ち、それによって素粒子物理学の発展に大いに貢献するものである。

### 〔最終試験結果〕

平成27年2月17日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

### 〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。